

**ANALISA SIFAT MEKANIS BETON MUTU TINGGI
DENGAN PEMAKAIAN *FLY ASH* LEBIH DARI 50% SEBAGAI
PENGANTI SEMEN DAN *SUPERPLASTICIZER***



PUBLIKASI ILMIAH

Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata 1 pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik

Oleh :

EKO WIDIYANTO
NIM : D 100 120 111

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2016**

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA SIFAT MEKANIS BETON MUTU TINGGI
DENGAN PEMAKAIAN *FLY ASH* LEBIH DARI 50% SEBAGAI
PENGGANTI SEMEN DAN *SUPERPLASTICIZER***

PUBLIKASI ILMIAH

oleh :

EKO WIDIYANTO
NIM : D 100 120 111

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



Mochamad Solikin, S.T., M.T., PhD.
NIK : 792

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS SIFAT MEKANIS BETON MUTU TINGGI DENGAN PEMAKAIAN *FLY ASH* LEBIH DARI 50% SEBAGAI PENGGANTI SEMEN DAN *SUPERPLASTICIZER*

OLEH

Eko Widiyanto

NIM : D 100 120 111

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik jurusan Teknik Sipil

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Sabtu, 6 Agustus 2016

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji

1. Mochamad Solikin, S.T., M.T., PhD.

(Ketua Dewan Penguji)

2. Muhammad Ujianto. S.T., M.T.

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Ir. Suhendro trinugroho

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)

Dekan,

Ir. Sri Sunarjono, M.T., PhD.

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 6 Agustus 2016
Penulis

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

EKO WIDIYANTO
NIM : D 100 120 111

ANALISA SIFAT MEKANIS BETON MUTU TINGGI DENGAN PEMAKAIAN *FLY ASH* LEBIH DARI 50% SEBAGAI PENGANTI SEMEN DAN *SUPERPLASTICIZER*

Abstrak

Beton merupakan material utama dalam sebuah konstruksi. Sehingga sekarang banyak penelitian yang dilakukan untuk meningkatkan mutu beton agar tercapai kualitas beton yang lebih baik. Penggunaan *fly ash* sebagai bahan alternatif pengganti semen merupakan salah satu inovasi yang efisien dalam mengurangi pemakaian semen. Bahkan dapat mengurangi limbah dan pencemaran lingkungan akibat dari pembangkit listrik tenaga batubara serta dapat menekan biaya produksi pembuatan beton. Pada penelitian ini dilakukan percobaan pembuatan beton mutu tinggi menggunakan teknologi *HVFA* dengan f_c sebesar 45 MPa. Penggunaan variasi *fly ash* ialah 0%, 50%, 60% dan 70%, serta dipakai nilai f sebesar 0,35 dan *superplasticizer* sika visconcrete 1003 sebanyak 0,4% dari berat binder. Untuk pengujian kuat tekan pada umur 28 dan 56 hari dilakukan setelah perawatan benda uji. Benda uji untuk pengujian kuat tekan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Serta pengujian kuat tarik belah pada umur 56 hari dengan benda uji silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dan juga benda uji dengan diameter 10 cm dan tinggi 5 cm untuk pengujian serapan air. Pada saat penelitian, diperoleh nilai *slump* yang sesuai rencana yaitu ± 10 cm. Kemudian pada umur 28 hari dilakukan pengujian dan didapatkan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 25 MPa, selanjutnya pada umur 56 hari diperoleh nilai kuat tekan tertinggi sebesar 47 MPa. Nilai kuat tarik belah maksimal ialah sebesar 12 MPa dan nilai serapan air terendah ialah sebesar 2,462%. Nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton yang dihasilkan dengan menggunakan variasi *fly ash* sebanyak 50% setara dengan beton yang menggunakan 100% semen. Nilai kuat tekan dan kuat tarik belah menurun seiring penambahan variasi *fly ash* lebih dari 50% yaitu pada 60% dan 70%. Daya serap pada beton yang menggunakan *fly ash* nilainya lebih rendah dibandingkan dengan beton yang menggunakan 100% semen dan nilai tersebut semakin menurun seiring bertambahnya variasi *fly ash* yang digunakan.

Kata Kunci : Beton Mutu Tinggi, *High Volume Fly Ash*, Kuat Tarik Belah , Kuat Tekan, Serapan air, Variasi *Fly Ash* >50%,.

Abstract

Concrete is main construction material. So now a lot of research is conducted to improve the quality of concrete in order to achieve a better quality of the concrete. The use of fly ash as a partially cement substitute on materials is one of the innovations that are efficient in reducing the use of cement. Moreover the use fly ash reduce waste material and environmental pollution resulting from coal power plant combustion and reduce the cost of production of the manufacture of concrete. In this research the strenght design of high volume fly ash concrete is 45 MPa. In with variation of fly ash 0%, 50%, 60% and 70%, in addition the water binder ratio is 0,35 and 0,4 % sika visconcrete 1003 was used to achieved the workability design. For compressive strenght, test after curing for 28 dan 56 days. The dimension of specimen is 15 cm in diameter and 30 cm in high. As well as for splitting tensile strenght by the age 56 days was tested after curing with specimen like specimen to testing compresive strength, also the specimen diameter 10 cm and height 5 cm was used for water absorption test. The result show that the slump value is ± 10 cm. Then at 28 days tested and obtained the highest compressive strength value of 25 MPa, then at the age of 56 days highest compressive strength values obtained of 47 MPa. The Value of maximum splitting tensile strength is 12 MPa and lowest water absorption value is amounting to 2.462%. The compressive strength and splitting tensile strength of concrete that is using variations 50% of fly ash produce the same concrete with using 100% of cement. The compressive strength and splitting tensile strength decreased with increasing variation of fly ash is more than 50% which is at 60% and 70%. Absorption capacity in concrete using fly ash was lower than the concrete using 100% of cement and the value decline rapidly with variations of fly ash used.

Keywords: Concrete High Quality, High Volume Fly Ash, Splitting Tensile Strength, Compressive Strength, Water Absorption, Fly Ash Variation > 50%

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan gabungan yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai bahan pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan agregat halus dan kadang-kadang ditambahkan bahan *aditive* atau *admixture* bila diperlukan. Beton sangat erat kaitannya dengan berbagai aspek didalam kehidupan manusia, terutama dalam bidang pembangunan. Rumah, hotel, jalan, jembatan, lapangan terbang, dam, *break water* (pemecah gelombang) dan lain-lain, strukturnya terbuat dari beton (Subakti, 1995).

Sejalan dengan perkembangan pengetahuan dan teknologi, beton dikembangkan dan ditingkatkan kualitasnya untuk menjadi yang lebih baik lagi, sehingga tercipta beton mutu tinggi bahkan sangat tinggi. Menurut SNI-PD-T-04-2004-C beton mutu tinggi merupakan beton yang memiliki kemampuan lebih dari beton normal, dengan kuat tekannya antara f'_c 40 MPa – 80 MPa. Benda uji standar yang digunakan dalam pengujian ialah benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang diuji berdasarkan waktu yang ditentukan tergantung pada aplikasi yang direncanakan.

Untuk meningkatkan mutu dari beton, dapat digunakan bahan tambah yang bersifat kimiawi dan juga bahan tambah mineral yang bersifat *cementitious*. Menurut standar ASTM C494-82 bahan tambah yang bersifat kimiawi dibagi menjadi beberapa tipe dari tipe A sampai dengan Tipe G. Bahan tambah mineral dapat berupa abu terbang (*fly ash*), *Pozzolan*, dan *Silicafume* (Standar ASTM, 1995).

Abu terbang atau *Fly Ash* merupakan limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batu bara di PLTU. Dikarenakan jumlahnya yang cukup besar, dalam hal ini harus dilakukan pengelolaan dengan baik agar tidak menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan sekitar yang berupa polusi udara, pencemaran lingkungan dan penurunan ekosistem (Wardani, 2008). Harga semen yang semakin mahal membuat biaya pembuatan beton juga semakin mahal. Oleh karena itu diperlukan bahan tambah alternatif yang dapat digunakan dalam pembuatan beton. Bahan tambah tersebut dapat berupa *fly ash*. Penggunaan *fly ash* dengan persentase sebanyak 50% atau lebih untuk marancang campuran beton mutu tinggi dikenal dengan teknologi *High Volume Fly Ash* (HVFA) (Sugiarto, 2010).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Teguh Fajar Prihantoro tahun 2015 berjudul Analisis Sifat Mekanis Beton Mutu Tinggi dengan Memanfaatkan Teknologi *High Volume Fly Ash Concrete* dengan pemakaian *fly ash* sebanyak 50% menghasilkan kuat tekan yang sebanding dengan beton normal. Dengan memanfaatkan *fly ash* sebagai bahan penyusun beton didapat beberapa keuntungan seperti dapat memperbaiki sifat pengerjaan, mengurangi *bleeding*, mengurangi segregasi, meningkatkan kerapatan ada beton, meningkatkan kuat tekan dalam jangka panjang, menambah daya tahan beton terhadap lingkungan agresif dan lainnya (Suartina, 2011). Selain itu pemakaian HVFA juga menguntungkan dalam hal durabilitasnya dan menghasilkan serapan air yang rendah (Solikin, 2014)

Dari permasalahan-permasalahan di atas, peneliti ingin melakukan sebuah percobaan dalam pembuatan beton mutu tinggi, dengan pemakaian abu terbang (*Fly Ash*) sebanyak lebih dari 50 % dari berat bahan pengikat. Dalam percobaan tersebut akan dilakukan beberapa pengujian, baik itu pengujian *slump*, pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, serapan air serta pengujian dari masing-masing bahan. Pada penelitian ini diharapkan dapat diketahui apakah dengan penambahan *fly ash* > 50% mutu dari beton yang dihasilkan akan lebih baik ataukah sebaliknya.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini terdapat 5 tahap pelaksanaan yaitu pertamatahap persiapan alat dan penyediaan bahan, tahap ini merupakan tahap yang meliputi persiapan alat-alat yang dibutuhkan dan penyediaan bahan penyusun beton yang diperlukan.

Kemudian tahap kedua yaitu pemeriksaan bahan, pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap bahan dasar beton yaitu agregat halus dan agregat kasar dengan pemeriksaan meliputi berat jenis, berat volume, analisa saringan, kandungan lumpur, dan keausan agregat. Untuk semen dan air dilakukan pengujian secara *visual* sedangkan *fly ash* dilakukan pengujian kandungan material.

Selanjutnya tahap ketiga yaitu perencanaan dan pembuatan benda uji, pada tahap ini dilakukan perencanaan campuran (*mix design*) menggunakan metode ACI dengan f'_c sebesar 45 MPa untuk pembuatan adukan beton menggunakan beberapa variasi kadar *fly ash* yaitu 0%, 50%, 60% dan 70%, *superplasticizer* sebanyak 0,4% dari berat binder, nilai *fas* direncanakan sebesar 0,35 dan nilai *slump* rencana sebesar 10 cm. Benda uji ini dibuat dengan menggunakan cetakan silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah, kemudian benda uji silinder berukuran diameter 10 cm dan tinggi 5 cm untuk pengujian serapan air pada beton. Benda uji dibuat dengan mesin pengaduk (*concrete molen*) mini bertenaga listrik dengan kapasitas mesin sebesar 0,035 m³, sehingga dalam sekali pengadukan hanya dapat membuat benda uji maksimal sebanyak 6 silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Sebelum dilakukan pengadukan, semua material yang diperlukan ditimbang terlebih dahulu sesuai dengan desain yang direncanakan, kemudian semua material dimasukkan kedalam mesin pengaduk secara bertahap. Setelah campuran dirasa sudah mencapai kekentalan yang diinginkan dan sudah homogen, maka adukan dituangkan kedalam cetakan secara bertahap dan setelah itu didiamkan selama 24 jam. Selanjutnya benda uji dilepas dari cetakan, kemudian dilakukan perawatan pada benda uji dengan cara direndam selama 56 hari dalam bak perendaman dalam air dengan kondisi suhu ruangan. Kemudian setelah mencapai umur rencana yang telah ditentukan, maka benda uji dapat dilakukan pengujian.

Tahap berikutnya yaitu tahap keempat untuk pengujian benda uji, pada tahap ini dilakukan pengujian beberapa sifat mekanis dari beton yang berupa uji kuat tekan pada umur 28 hari dan 56 hari, uji kuat tarik belah dan serapan airbeton pada umur 56 hari dengan prosedur pengujian dan perhitungan mengikuti standar SNI dan ASTM. Jumlah sampel yang akan dibuat terdapat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Matrik Rincian Benda Uji

Jenis Pengujian	Umur beton		Jumlah sampel Beton Mutu Tinggi			
	28	56	Dengan <i>Fly Ash</i> %			
			0	50	60	70
Kuat Tekan			6	6	6	6
Kuat Tarik Belah			3	3	3	3
Serapan Air			3	3	3	3
Jumlah			12	12	12	12

Tahap yang terakhir ialah tahap analisa dan pembahasan, dari hasil pengujian yang dilakukan pada tahap empat selanjutnya dilakukan analisa data yang diambil dari hasil percobaan pembuatan beton. Dari langkah tersebut kemudian dapat diambil kesimpulan dan saran dari penelitian.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan penelitian dilakukan untuk mendapatkan data yang digunakan untuk membahas rumusan masalah. Berdasarkan dari rumusan masalah, maka diambil data-data kuat tekan beton pada umur 28 hari dan 56 hari, kuat tarik belah beton umur 56 hari, serta serapan air pada umur 56 hari. Data tersebut digunakan untuk mengetahui apakah dengan pemakaian *fly ash* lebih dari 50% pada beton mutu tinggi akan meningkatkan mutu dari suatu beton atau sebaliknya.

Pengujian Agregat Halus

Untuk pengujian agregat halus dilakukan beberapa pemeriksaan seperti berat jenis, penyerapan air, kandungan bahan organik, kadungan lumpur, gradasi dan modulus halus butir agregat. Setelah dilakukan pengujian dapat dilihat hasilnya pada Tabel 2.dibawah ini :

Tabel 2. Hasil pengujian agregat halus

Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Syarat	Keterangan
Kandungan bahan Organik	No.3 (Coklat)	1-5	Memenuhi syarat
Kandungan Lumpur	2,86 %	< 5%	Memenuhi syarat
Berat jenis bulk	2,41	-	
Berat jenis SSD	2,45	-	
Berat jenis semu	2,51	-	
<i>Absorpsi</i> (Penyerapan air)	1,63 %	< 5%	Memenuhi syarat
Gradasi Pasir	Daerah III		Memenuhi syarat
Modulus Halus Butir	3,33	1,5-3,8	Memenuhi syarat

(Sumber : hasil pengujian)

Dari hasil pengujian agregat halus yang berasal dari tambang Selo Boyolali dapat dilihat bahwa parameter pengujian diatas memenuhi syarat, sehingga agregat halus layak digunakan sebagai bahan penyusun beton.

Pengujian Agregat Kasar

Untuk pengujian agregat kasar dilakukan beberapa pemeriksaan seperti berat jenis, penyerapan air, keausan agregat dan modulus halus butir agregat. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3.dibawah ini :

Tabel 3. Hasil pengujian agregat kasar

Jenis Pemeriksaan	Hasil	Syarat	Keterangan
Berat jenis bulk	2,34	-	
Berat jenis SSD	2,35	-	
Berat jenis semu	2,36	-	
Absorpsi (Penyerapan air)	0,30 %	<3 %	Memenuhi syarat
Keausan agregat	21,54 %	< 40 %	Memenuhi syarat
Modulus halus butir	7,76	5-8	Memenuhi syarat

(Sumber : hasil pengujian)

Dari hasil pengujian agregat kasar yang berasal dari Tambang Kali Progo Sleman didapatkan bahwa parameter pengujianmemenuhi persyaratan, sehingga agregat kasar ini dapat digunakan sebagai bahan penyusun beton.

Pengujian Fly Ash

Untuk *fly ash* yang didapat dari PT. Pionir Beton Kartasura dan berasal dari PLTU Tanjung Jati dilakukan pengujian kandungan kimia dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Pengujian Fly Ash

Parameter	Hasil (%)
<i>Chemical Analysis of Ash</i>	
<i>Silicone Dioxide (SiO₂)</i>	52,02
<i>Alumunium Trioxide (Al₂O₃)</i>	23,08
<i>Iron Trioxide (Fe₂O₃)</i>	11,57

(sumber : hasil pengujian PLTU Tanjung Jati)

Berdasarkan Tabel 4. Hasil pengujian Fly Ash diatas dapat diketahui bahwa kadar (SiO₂+ Al₂O₃+Fe₂O₃) ialah 86,7 % sehingga *fly ash* ini merupakan *fly ash* kelas F karena batas minimal kadar (SiO₂+Al₂O₃+Fe₂O₃) kelas F ialah lebih dari 70% (ACI 14 *Manual of Concrete Practice*, 1993).

Proporsi Campuran Beton Mutu Tinggi

Desain campuran (*Mix Design*) pada penelitian ini ialah dengan menggunakan metode ACI (*American Concrete Institute*). Kuat tekan yang direncanakan ialah sebesar 45 MPa dengan nilai *fas* ialah 0,35 dan menggunakan *superplasticizer* sebanyak 0,4% dari berat binder. Proporsi campuran yang direncanakan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 5. Proporsi campuran adukan beton per 1m³

Kode Benda Uji	Semen (kg)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	Air (liter)	Fly Ash (kg)	Superplasticizer (liter)
S1	537	919	613	188	0	2
S2	269	919	613	188	269	2
S3	215	919	613	188	322	2
S4	161	919	613	188	376	2

(sumber : hasil perhitungan)

Keterangan :S1 = Benda Uji Silinder Tanpa *Fly Ash*

S2 = Benda Uji Silinder dengan Kadar *Fly Ash* 50%

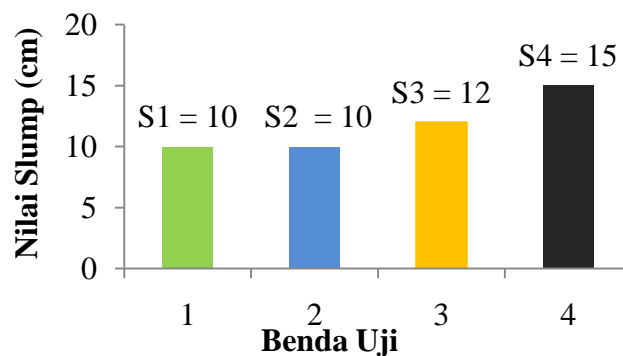
S3 = Benda Uji Silinder dengan Kadar *Fly Ash* 60%

S4 = Benda Uji Silinder dengan Kadar *Fly Ash* 70%

Jenis Sp = Sika *Viscocrete*-1003, Berat jenis Sp = 1,065 kg/liter

Hasil Pengujian *Slump*

Pada penelitian ini nilai *slump* direncanakan sebesar 10 cm. Pengujian *slump* dilakukan untuk mengetahui tingkat kekentalan suatu adukan beton, sehingga dapat diketahui apakah adukan beton kekurangan air, kelebihan air atau sudah cukup air. Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan nilai *slump* berdasarkan variasi *fly ash* yang digambarkan dalam bentuk diagram seperti dibawah ini :



Gambar 1. Diagram Nilai *Slump*

Dari hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 1. diatas, dapat diketahui bahwa campuran adukan beton dengan nilai *slump* sebesar ± 10 cm dapat tercapai pada benda uji S1, S2 dan S3. Sedangkan pada benda uji S4 dapat dilihat bahwa nilai *slump* tidak mencapai target yang direncanakan. Dapat diketahui bahwa benda uji S3 dan S4 menunjukkan peningkatan nilai *slump* seiring penambahan *fly ash* sebanyak 60 % dan 70%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penggunaan *fly ash* maka nilai *slump* yang dihasilkan akan semakin meningkat, hal ini menunjukkan bahwa kehalusan dan bentuk partikel *fly ash* yang bulat dapat meningkatkan *workability*. Menurut penelitian sebelumnya juga dinyatakan bahwa semakin banyak jumlah *fly ash* maka nilai *slump* yang dihasilkan akan semakin besar (Masyita, 2013).

Hasil Pengujian Kuat Tekan

Benda uji yang telah dibuat dan dilepas dari cetakan akan dilakukan perawatan sesuai dengan umur rencana. Dalam penelitian ini pengujian kuat tekan dilakukan pada umur rencana 28 hari dan 56 hari. Berikut hasil dari pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari dapat dilihat pada tabel dibawah.

Besarnya nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan :

f'_c = kuat tekan beton yang dihasilkan benda uji (MPa)

P = beban maksimum (kg)

A = luas permukaan benda uji (cm²)

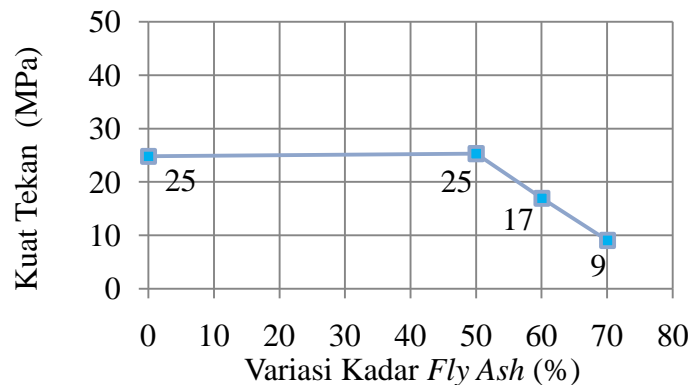
Tabel 6. Hasil uji kuat tekan beton pada umur 28 hari

Kode Sampel	Kadar <i>Fly Ash</i> (%)	f'_c kuat tekan beton (MPa)
S1	0	25
S2	50	25
S3	60	17
S4	70	9

(sumber : hasil pengujian)

Dari hasil kuat tekan beton pada umur 28 hari dapat digambarkan dalam grafik sebagai berikut

:



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan (MPa) dengan Kadar *Fly Ash* (%).

Pada penggunaan *fly ash* sebanyak 50% dari berat binder, dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 2 kuat tekan yang dihasilkan nilainya setara dengan beton tanpa *fly ash* (100% semen). Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Teguh Fajar Prihantoro tahun 2015 bahwa kuat tekan beton yang menggunakan *fly ash* untuk menggantikan semen sebanyak 50% (*HVFA*) dapat sebanding dengan beton yang menggunakan 100% semen.

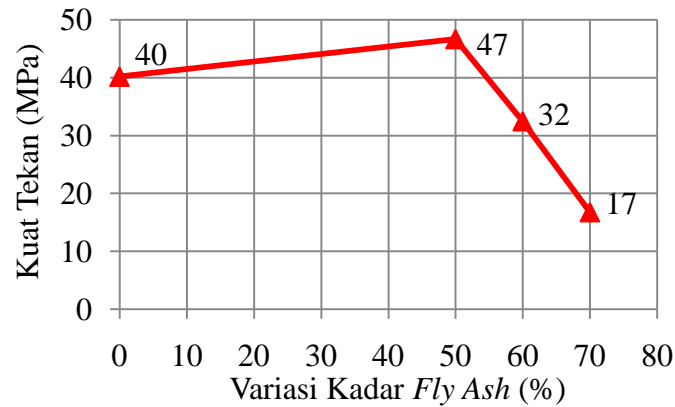
Kuat tekan beton pada umur 28 hari tidak memenuhi kuat tekan rencana yang ditargetkan yaitu 45 MPa (beton mutu tinggi). Pengujian kuat tekan beton berikutnya dilakukan pada umur 56 hari, hasil pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 7. Hasil uji kuat tekan beton pada umur 56 hari

Kode Sampel	Kadar <i>Fly Ash</i> (%)	f'_c kuat tekan beton (MPa)
S1	0	40
S2	50	47
S3	60	32
S4	70	17

(sumber : hasil pengujian)

Dari hasil kuat tekan beton pada umur 56 hari digambarkan dalam grafik dibawah ini:

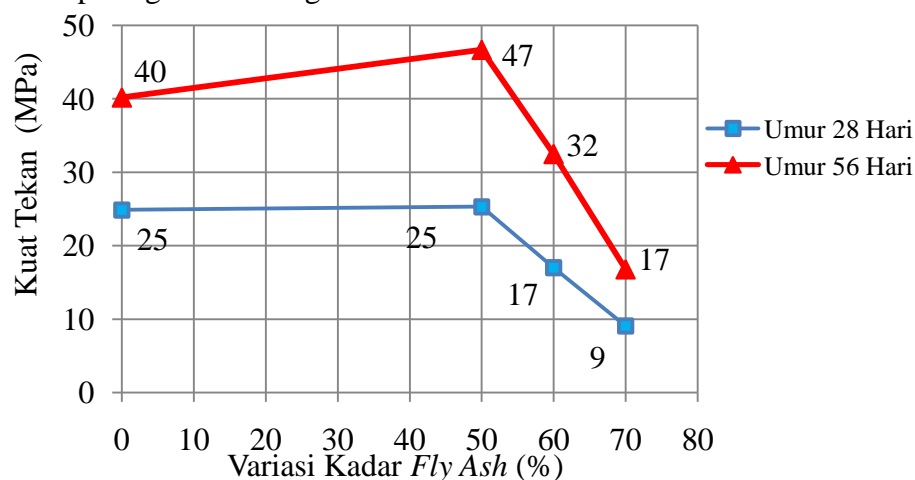


Gambar 3. Hubungan Antara Kuat Tekan (MPa) dengan Kadar Fly Ash (%).

Berdasarkan Tabel 7 dan Gambar 3, dapat diketahui bahwa beton mutu tinggi dengan kuat tekan rencana 45 MPa dapat dicapai pada umur 56 hari oleh beton dengan variasi 50% fly ash. Pada penggunaan teknologi *high volume fly ash* seiring dengan bertambahnya kadar fly ash lebih dari 50% akan menurunkan kuat tekan pada beton.

Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Teguh Fajar Prihantoro pada tahun 2015, hasil kuat tekan pada variasi fly ash sebanyak 50% nilai yang diperoleh lebih tinggi yaitu 47 MPa dan 42 MPa pada penelitian yang dilakukan oleh Teguh Fajar Prihantoro. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh nilai fas yang lebih kecil yaitu sebesar 0,35 dan pada penelitian yang dilakukan oleh Teguh Fajar Prihantoro nilai fasnya sebesar 0,36.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton, dapat digambarkan hubungan antara kuat tekan beton dengan variasi kadar fly ash pada umur beton 28 hari dan umur beton 56 hari. Grafik hubungan tersebut dapat dilihat pada gambar sebagai berikut.



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan (MPa) dan Kadar Fly Ash (%)

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa kuat tekan beton mengalami peningkatan seiring bertambahnya umur. Untuk beton mutu tinggi dengan teknologi *high volume fly ash* kuat tekan pada umur 28 hari memang kecil tetapi meningkat signifikan pada umur 56 hari. Hal ini sesuai dengan

keunggulan pada penggunaan *fly ash* itu sendiri, bahwa kontribusi kuat tekan beton ialah pada umur setelah 52 hari (Antoni: 2007). Rata-rata kuat tekan beton pada umur 56 hari mengalami peningkatan kuat tekan hampir dua kali lebih besar daripada kuat tekan pada umur 28 hari.

Pada umur 28 hari beton tanpa *fly ash* dan 50% *fly ash* tidak memenuhi kuat tekan yang direncanakan sebagai beton mutu tinggi. Sedangkan pada umur 56 hari beton tanpa *fly ash* masih belum memenuhi kuat tekan rencana tetapi masih termasuk dalam beton mutu tinggi dan beton dengan 50% *fly ash* memenuhi kuat tekan rencana bahkan melebihi. Hal ini kemungkinan dikarenakan ketidakrataan permukaan benda uji pada saat dilakukan pengujian pada umur 28 hari dan semakin bertambah umur beton maka kuat tekan akan semakin meningkat. Permukaan benda uji yang tidak rata akan mengakibatkan ketidakrataan distribusi beban saat pengujian. Sehingga pada saat umur beton mencapai 56 hari, benda uji yang akan dilaksanakan pengujian tekan dilakukan perataan pada permukaanya (kaping) dengan menggunakan belerang dan hasilnya menunjukkan perbedaan.

Dilihat dari Tabel 5 proporsi campuran, desain beton mutu tinggi dengan beberapa variasi *fly ash* diperoleh jumlah semen yang menurun pada setiap kenaikan variasi *fly ash*. Mulai dari 537 kg untuk 0% *fly ash*, 269 kg untuk 50% *fly ash*, 215 kg untuk 60% *fly ash* dan 161 kg untuk 70% *fly ash*. Kandungan semen yang tinggi (sampai batas optimum) dan kandungan air yang rendah (sampai batas terjadinya hidrasi) akan menghasilkan kekuatan yang tinggi pada beton. Kandungan semen yang lazim dalam produksi beton mutu tinggi berkisar antara 392-557 kg/m³ (McCormac, 2005).

Berdasarkan tabel SNI DT-91-0008-2007 tentang tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan beton didapatkan tabel proporsi campuran sesuai dengan mutu beton yang direncanakan. Kemudian data tersebut dibandingkan dengan desain campuran beton mutu tinggi dalam penelitian ini. Pada penggunaan semen sebanyak 161 kg dengan variasi *fly ash* 70% dapat menghasilkan kuat tekan 9 MPa. Hasil kuat tekan tersebut nilainya melebihi pada penggunaan semen sebanyak 247 kg yang menghasilkan kuat tekan sebesar 7,4 MPa. Jika digunakan rumus perbandingan sederhana, untuk penggunaan semen sebanyak 161 kg maka didapat kuat tekan sebesar 4,8 MPa. Dengan demikian penggunaan teknologi HVFA pada beton mutu tinggi dengan variasi lebih dari 50% *fly ash*, walaupun mengalami penurunan kuat tekan pada variasi 60% dan 70%, namun masih memiliki keuntungan dimana kuat tekan yang dihasilkan lebih tinggi daripada kuat tekan pada beton normal dengan penggunaan semen yang lebih banyak. Berikut tabel proporsi mutu beton normal:

Tabel 8. Proporsi agregat berdasarkan mutu beton

Mutu Beton (MPa)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (liter)	w/c
7,4	247	869	999	215	0,87
9,8	276	828	1012	215	0,78
12,2	299	799	1017	215	0,72

(sumber: SNI DT-91-0008-2007)

Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Pada penelitian ini pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada umur beton 56 hari. Benda uji yang digunakan ialah benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil dari pengujian kuat tarik belah dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 9. Hasil pengujian kuat tarik belah beton pada umur 56 hari

Kode Sampel	Kadar <i>Fly Ash</i> (%)	Rata-rata kuat tarik belah beton (MPa)
S1	0	10
S2	50	12
S3	60	8
S4	70	6

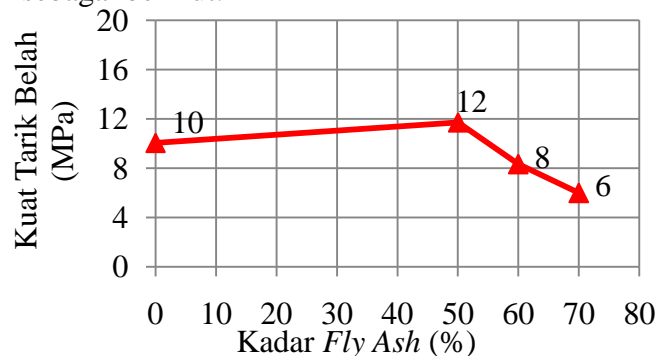
(sumber : hasil pengujian)

Besarnya nilai kuat tarik belah diatas diperoleh dari rumus dibawah ini.

$$f_{ct} = \frac{2P}{LD} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan : f_{ct} = Kuat tarik – belah (MPa)
P = Beban uji maksimal (beban belah/hancur) (N)
L = Panjang benda uji (mm)
D = Diameter benda uji (mm)

Dari hasil pengujian kuat tarik belah di atas dapat diketahui bahwa nilai kuat tarik belah beton dengan kadar *fly ash* sebanyak 50% dari berat binder nilainya setara dengan beton tanpa menggunakan *fly ash* (100% semen). Sifat *fly ash* sebagai bahan pengganti sebagian semen berfungsi sebagai *filler* dan perekat atau pengikat yang baik sehingga mampu menahan kuat tarik belah yang lebih baik dari beton normal (Saputro, 2008). Hubungan antara kuat tarik belah rata-rata dengan kadar *fly ash* digambarkan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 5. Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah (MPa) dengan Kadar *Fly Ash* (%)

Dilihat dari Gambar 5. bahwa nilai kuat tarik belah beton menurun seiring dengan penambahan *fly ash* lebih dari 50% dan kuat tarik belah beton tanpa *fly ash* nilainya setara pada beton dengan pemberian *fly ash* sebanyak 50%. Menurut buku Desain Beton Bertulang, kuat tarik belah beton tidak berbanding lurus dengan kuat tekan ultimatnya f'_c akan tetapi kuat tarik ini diperkirakan berbanding lurus terhadap akar kuadrat dari f'_c (McCormac, 2005). Nilai kuat tarik belah beton akan meningkat seiring dengan meningkatnya kuat tekan dan nilai kuat tarik belah dari hasil penelitian lebih besar daripada nilai kuat tarik belah secara teoritis.

Hasil Pengujian Serapan Air

Pengujian serapan air dilakukan pada benda uji beton berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 5 cm pada umur beton mencapai 56 hari. Pengujian ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar beton mampu menyerap air. Hasil pengujian serapan air dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 10. Hasil pengujian serapan air oleh beton pada umur 56 hari

Kode Sampel	Rata-rata Penyerapan air (%)
S1	2,833
S2	2,790
S3	2,548
S4	2,462

(sumber: hasil pengujian)

Dilihat dari Tabel 10 diatas diketahui bahwa seiring dengan bertambahnya variasi *fly ash* daya serap beton akan semakin menurun. Sesuai dengan hasil penelitian yang menyatakan bahwa beton normal lebih menyerap air dari pada beton dengan teknologi *high volume fly ash* (penggunaan *fly ash* lebih dar 50%) (Andoyo, 2006). Hal yang sama juga dinyatakan dalam penelitian Agus Maryoto pada tahun 2009 bahwa penggunaan *fly ash* akan menurunkan penyerapan beton, dikarenakan butiran *fly ash* yang lembut dari semen mampu mengisi pori yang lebih kecil, sehingga beton yang dihasilkan lebih padat dan solid. Serta pada penelitian yang dilakukan oleh Mochamad Soikin menyatakan bahwa hal yang paling menguntungkan dari pemakaian HVFA dalam beton ialah serapan air yang rendah.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai *slump* pada beton mutu tinggi dapat tercapai sesuai rencana pada benda uji dengan kadar *fly ash* 0%, 50% dan 60%. Nilai *slump* semakin meningkat seiring penambahan *fly ash* >50%.
2. Kuat tekan tertinggi dihasilkan oleh beton dengan variasi 50% *fly ash* pada umur 56 hari. Nilainya setara dengan nilai kuat tekan pada beton tanpa *fly ash* (100% semen) dan kuat tekan rencana tercapai pada benda uji dengan *fly ash* 50% pada umur 56 hari. Seiring dengan penambahan *fly ash* lebih dari 50%, nilai kuat tekannya akan semakin menurun. Nilai kuat tekan akan bertambah secara signifikan pada umur 56 hari dan seterusnya.
3. Sama halnya nilai pada kuat tekan, nilai kuat tarik belah maksimum juga dihasilkan pada beton dengan variasi 50% *fly ash*. Variasi *fly ash* yang lebih dari 50% akan menurunkan kuat tarik belah
4. Nilai serapan air yang tertinggi dihasilkan oleh beton tanpa *fly ash* (100% semen). Semakin bertambahnya kadar *fly ash* yang diberikan, maka akan menurunkan nilai serapan air.

Untuk penelitian selanjutnya harus dilakukan pengendalian dalam penggunaan air pada saat pencampuran adukan beton. Jika adukan sudah sesuai dengan kelecakan yang diinginkan hentikan dalam pemberian air. Untuk hasil kuat tekan yang maksimal, lakukan perataan permukaan pada benda

uji (kaping) yang akan dilakukan pengujian kuat tekan. Untuk penelitian selanjutnya, dapat dilakukan penelitian dengan menggunakan nilai f_{as} yang lebih rendah lagi.

PERSANTUNAN

Ucapan terima kasih disampaikan kepada laboratorium Bahan Bangunan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta dan Laboratorium PT. Pionir Beton Kartasura atas kerjasamanya sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 14.(1993). *Manual of Concrete Practice*.
- Andoyo.(2006). *Pengaruh Penggunaan Abu Terbang (Fly Ash) terhadap Kuat Tekan dan Serapan Air pada Mortar*.Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- Antoni dan Nugraha, P. (2007).*Teknologi Beton*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.
- ASTM C494. *Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete*.
- Koraia, Masyita Dewi. (2013). *Pengaruh Penambahan Fly Ash dalam Campuran Beton Sebagai Substitusi Semen Ditinjau dari Umur dan kuat Tekan*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- McCormac.(2005). *Desain Beton Bertulang*. Jakarta : Erlangga.
- Mulyono, Tri. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Andi Yogyakarta.
- Prihantoro, Teguh Fajar. (2015). *Analisa Sifat Mekanis Beton Mutu Tinggi dengan Memanfaatkan Teknologi High Volume Fly Ash Concrete (Tugas Akhir)*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Saputro, Aswin Budhi. (2008). *Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Mutu Tinggi dengan Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen dengan f'_c 45 MPa*.Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- SNI DT-91-0008-2007. *Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton*. Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI PD-T-04-2004-C. *Tata Cara Pembuatan dan Pelaksanaan Beton Berkekuatan Tinggi*. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah
- Solikin, M dan Budi Setiawan. (2014). *Pemanfaatan Abu Terbang untuk Mengurangi Limbah Terbuang PLTU dengan Teknologi HVFA Concrete*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Solikin, Mochamad, Siti Kholisoh dan Budi Setiawan. (2014). *Pengaruh Perbedaan Sumber Fly Ash Terhadap Karakteristik Mekanik High Volume Fly Ash Concrete yang Dibuat dengan Menggunakan Semen PPC*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Subakti, A. (1995). *Teknologi Beton dan Praktek*. Teknik Sipil FTSP-ITS : Surabaya
- Sugiarto. (2010). *Penelitian Awal pada High Volume Fly Ash Concrete*. (Bachelor Thesis).Surabaya : Petra Cristian University.
- Wardani, S R P. (2008). *Pemanfaatan Limbah Batu Bara (Fly Ash) untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan*. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.